МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ
MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE



УДК 678.549 https://doi.org/10.23947/1992-5980-2018-18-3-300-305

Влияние объема древесных опилок на механические свойства композитного материала*

А. Г. Дьяченко[1], Т. П. Савостина[2], Б. И. Саед [3]**
[1, 2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
[3] Университет Алеппо, г. Алеппо, Сирийская Арабская Республика

Effect of sawdust volume on mechanical properties of composite material ***

A. G. Dyachenko[1], T. P. Savostina[2], B. I. Saed [3]**
[1, 2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
[3] University of Aleppo, Aleppo, Syrian Arab Republic

Введение. Рассматриваются вопросы создания композиционных материалов с добавлением древесных опилок. Древесная составляющая композитов обрабатывается водой для усиления шероховатости поверхности. Это увеличивает площадь контакта, вследствие чего усиливается взаимодействие между опилками и волокнами полимера. Цель исследования — изучение возможности упрочнения композиционных материалов, полученных из опилок.
Материалы и методы. Образцы изготовлены из композитных материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол, армированных древесной стружкой. Обработка водой проводилась при комнатной температуре в течение 2, 4, 6 и 8 дней. Затем образцы проходили испытания на изгиб и сжатие.
Результаты исследования. В результате испытаний образцов зафиксированы изменения их механических свойств. Определено, каким образом сопротивления изгибу и прочности при сжатии зависят от времени обработки водой. Построены графики, отражающие указанные зависимости.
Обсуждение и заключения. После обработки водой композиты, армированные древесными опилками, демонстрируют более высокую стойкость при изгибе. Это объясняется усилением шероховатости поверхности опилок и, как следствие, увеличением поверхности сцепления с композитной основой. Кроме того, обработка водой повышает стойкость образцов при сжатии. Особенно заметно упрочняются образцы, созданные на основе крупных опилок. Это объясняется образованием углублений на поверхности древесных опилок, что также усиливает адгезию между ними и полимерной основой композита.

Ключевые слова: древесные волокна, опилки, полимер, композитный материал.

Introduction. Generation of composite materials with addition of sawdust is considered. The wood component of the composites is treated with water to enhance the surface roughness. This increases the contact area resulting in intensifying the sawdust – polymer fibers interaction. The work objective is to study the possibility of strengthening composites obtained from sawdust.
Materials and Methods. Samples are made of composite materials based on the unsaturated polyester resins, reinforced with wood chips. Water treatment was carried out at room temperature for 2, 4, 6 and 8 days. Then the samples were tested for bending and compression.
Research Results. As a result of testing the samples, changes in their mechanical properties were recorded. It is determined how the bending and compression resistance depends on the water treatment time. Graphs that reflect these dependences are constructed.
Discussion and Conclusions. After water treatment, the composites reinforced with sawdust show a higher resistance to bending. This is due to the increased roughness of the sawdust surface and, as a consequence, to the extension of the surface area adhesion with the composite base. Besides, the water treatment enhances the specimen resistance under compression. The samples created on the basis of large sawdust come into particular prominence. This is due to the formation of holes on the sawdust surface which also enhances the adhesion between them and the composite polymer base.

Keywords: wood fibers, sawdust, polymer, composite material.



* Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
** E-mail: Dyachenko_aleshka@bk.ru, kovtanya@yandex.ru, Imad12sb@gmail.com
*** The research is done within the frame of the independent R&D.

Образец для цитирования: Дьяченко, А. Г. Влияние древесных опилок на механические свойства композитного материала / А. Г. Дьяченко, Т. П. Савостина, Саед Бакир Имад // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2018. — Т. 18, № 3. — С. 300−305. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2018-18-3-300-305

For citation: A.G. Dyachenko, T.P. Savostina, Saed Bakir Imad. Effect of sawdust volume on mechanical properties of composite material. Vestnik of DSTU, 2018, vol. 3, no.3, pp. 300−305. https://doi.org/10.23947/1992-5980-2018-18-3-300-305

Введение. В современной производственной практике довольно широко используются композитные материалы на основе полимеров, армированных различными примесями. Основные преимущества примесей из древесины (опилки, стружка) — их приемлемая стоимость и доступность [1, 2].

Для определения соотношений волокон древесных опилок использовалась вибрационная установка с набором сит. В итоге были выбраны три объема опилок (5 мм^3, 25 мм^3, 120 мм^3) [2, 3, 4]. В ходе экспериментов образцы подвергались трем видам нагрузки (давлению, сдвигу и изгибу) для определения влияния объема опилок на прочностные характеристики композитных материалов.

В 2001 году образцы с древесным наполнителем подвергались опытам, целью которых было установить качество сцепления между волокнами и связующим материалом. Результаты позволяют утверждать, что армирование древесными волокнами увеличивает сопротивление материала [3]. В том же году проводились эксперименты, доказавшие, что обработка глицероловой кислотой повышает прочность на разрыв образцов, армированных древесными опилками [3].

В ходе опытов 2002 года древесина и древесное волокно подвергались химической обработке с использованием MAPP (maleated polypropylene — малеиновый полипропилен). Выясилось, что у таких образцов выше прочность на разрыв и изгиб [5].

В 2006 году проводились эксперименты по обработке поверхности древесины NaOH и ClCH2COOH. Опыты показали, что такое воздействие позволяет достичь высоких показателей по прочности на разрыв [6].

В рамках данного исследования планируется продемонстрировать целесообразность проведения химической обработки для улучшения свойств композиционных материалов.

Материалы и методы. Древесные опилки (объемом 5 мм^3, 25 мм^3, 120 мм^3) [1] обрабатывались водой при комнатной температуре в течение 2, 4, 6 и 8 дней.

100 граммов древесных опилок помещали в пластиковый контейнер, заливали 1 литром воды и оставляли на 2, 4, 6 и 8 дней. Затем воду сливали и заливали массу дистиллированной водой на 1 час. По истечении этого времени опилки вынимали и сушили в печи в течение 24 часов при температуре 110 ^{0}C. Далее все исследования проводились также при комнатной температуре.

Результаты исследования

Определение потери веса обработанных опилок

Использовались по 10 г опилок разных объемов (5 мм^3, 25 мм^3, 120 мм^3), обработанных описанным выше способом. После обработки образцы рассматривали под оптическим микроскопом. В этом случае потеря веса опилок равна разности веса до и после обработки. Соотношение потерь веса рассчитывается следующим образом:

$$\frac{W_0 - W_1}{W_1} = W\%,$$

где W_0 — вес образца волокна до обработки (г); W_1 — вес образца волокна после обработки (г); $W\%$ — процент потери веса (рис. 1).

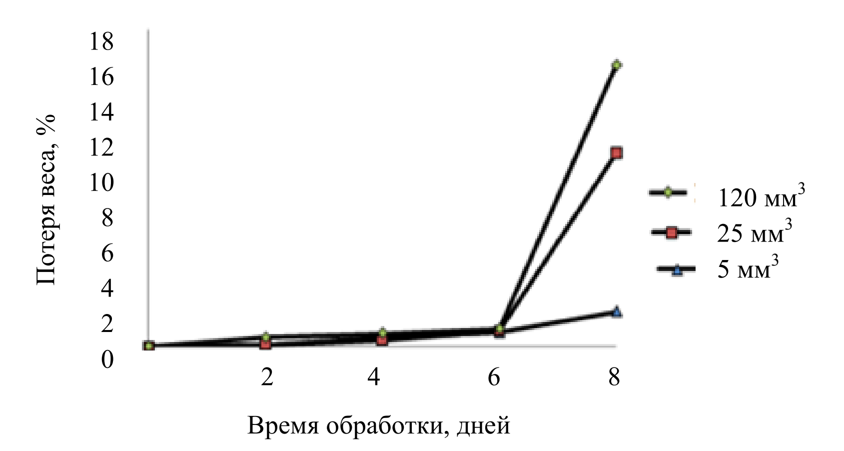


Рис. 1. Зависимость потери веса древесных опилок от продолжительности обработки водой

График показывает, что опилки объемом 120 мм^3 теряют в весе не намного больше, чем опилки объемом 25 мм^3 (разница — около 4 %). Если же сравнивать опилки объемом 5 мм^3 и 120 мм^3, то потери веса последних выше в 8 раз. При этом у всех образцов потеря веса напрямую зависит от времени обработки (чем дольше испытания, тем меньше вес). При воздействии воды в течение длительного времени в жидкость переходит часть растворимых веществ, поэтому после промывания и высушивания материал становится легче.

В дальнейших экспериментах рассматривались по три образца из композита. Для его получения опилки различного объема (5 мм^3, 25 мм^3, 120 мм^3) пропитывались 10-процентным полиуретановым эфиром, хорошо перемешивали, добавляли затвердитель и выливали смесь в пресс-формы. Полиэстер составлял 90 % всей массы образца.

Испытание на изгиб композитных материалов

Для проведения опытов были подготовлены образцы композитного материала 8×15×160 мм по ASTM D 790 [7, 8].

Сопротивление изгибу измерялось в трех точках. На рис. 2 показан образец композитного материала, армированного опилками, перед испытанием на изгиб.



Рис. 2. Образцы композитного материала, армированного опилками, перед испытанием на изгиб

Сопротивление образца изгибу (МПа) определяется по формуле:

$$\sigma_{изг} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot B \cdot t^2},$$

где P — сила нагрузки (H), L — длина образца (мм), B — ширина образца (мм), t — толщина образца (мм).

Испытание на сжатие композитных материалов

Для проведения опытов были подготовлены образцы композитного материала Ø 12,7×25,4 мм. Сопротивление измеряли в сжатом состоянии. Нагрузка прикладывалась до тех пор, пока не происходил разрыв. Образцы армированных опилками композитных материалов, подготовленных к испытанию, представлены на рис. 3. Сопротивление сжатию (МПа) определяется по формуле [9]:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F},$$

где P — сила сжатия (H), F — площадь поперечного сечения (мм^2).



Рис. 3. Образцы композитного материала, армированного опилками, перед испытанием на сжатие

Результаты испытаний на изгиб

Из рис. 4 видно, что образцы, изготовленные из опилок объемом 5 мм^3, более устойчивы к изгибу.

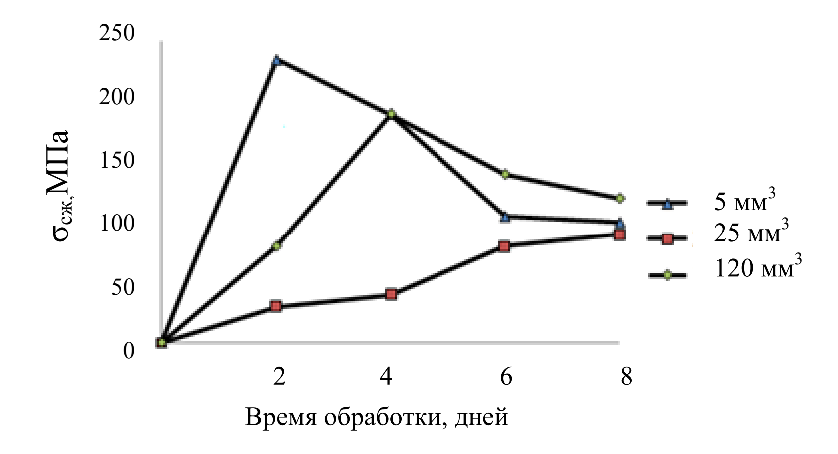


Рис. 4. Изменение сопротивления изгибу в зависимости от периода обработки образцов

Максимальное сопротивление изгибу (230,88 МПа) продемонстрировал образец с опилками объемом 5 мм^3 после обработки в течение двух дней.

Образец 25 мм^3 демонстрировал максимальное сопротивление изгибу (98,6 МПа) при обработке в течение 8 дней. Образец 120 мм^3 демонстрировал максимальное сопротивление изгибу (194,55 МПа) при обработке в течение 4 дней.

Увеличение сопротивления изгибу в данном случае объясняется следующим образом. При обработке водой усиливается шероховатость поверхности опилок, увеличивается площадь взаимодействия с основой. Таким образом упрочняется сцепление между опилками и полиэфиром и, как следствие, увеличивается прочность образцов при изгибе.

Результаты испытаний на сжатие

Образцы из опилок объемом 5 мм^3 обладают меньшей прочностью на сжатие (в сравнении с образцами из опилок объемом 25 мм^3 и 120 мм^3 (рис. 5).

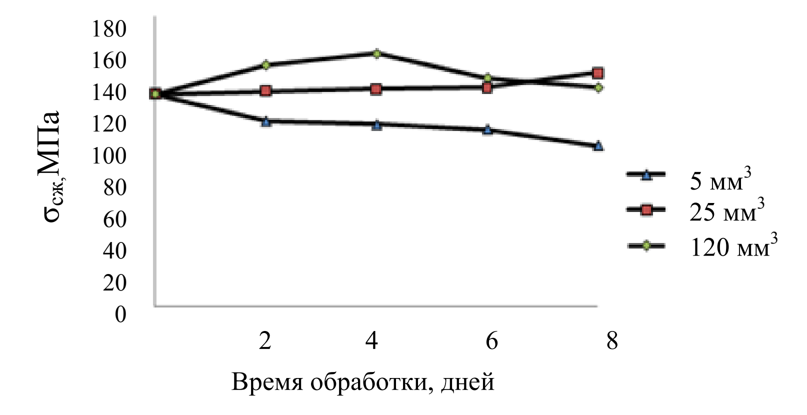


Рис. 5. Изменение сопротивления сжатию в зависимости от периода обработки образцов

Максимальное значение прочности на сжатие (156,67 МПа) демонстрируют образцы с опилками объемом 120 мм^3, обработанные в течение четырех дней. Это объясняется тем, что при обработке водой на поверхности более крупных древесных опилок образуются углубления. Это приводит к усилению адгезии между опилками и основным полимером и повышает устойчивость композита к сжатию.

Обсуждение и заключения. Испытания образцов из композитных материалов, армированных древесными опилками и обработанных водой, позволяют сделать следующие выводы.

1. Образцы из опилок объемом 120 мм^3 теряют в весе больше, чем образцы из опилок объемом 5 мм^3 и 25 мм^3.

2. Потеря веса образцов напрямую зависит от времени обработки водой.

3. При обработке образцов водой первое резкое увеличение сопротивления изгибу наблюдается в течение двух дней.

4. Максимальное сопротивление изгибу (230,88 МПа) продемонстрировал образец с опилками объемом 5 мм^3.

5. Максимальное сопротивление сжатию (156,67 МПа) продемонстрировал образец с опилками объемом 120 мм^3

Библиографический список

1. Антибас, И. Р. Влияние содержания древесного дисперсного наполнителя на долговечность композиционных материалов / И. Р. Антибас, А. Г. Дьяченко // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17, № 1 (88). — С. 67–74. DOI: https://doi.org/10.23947/1992-5980-2017-17-1-67-74

2. Kharmanda, G. Tegration of reliability and optimization concepts into composite yarns / G. Kharmanda, I.-R. Antypas // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : сб. ст. 10-й Междунар. юбилейной науч.-практ. конф. в рамках 20-й Междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2017». — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2017. — С. 174–176.

3. Thames, S.-F. Effect of preparation and processing on mechanical prop-erties and water absorption of soy protein-based biocomposites / S.-F. Thames, L. Zhou // ICCE/5 : Fifth International Conference on Composites Engineering in July 5–11, 1998, Las Vegas / Ed. D. Hui. — New Orlean : ICCE ; University of New Orleans ; College of Engineering, 1998. — P. 887–897.

4. Yibin Xue. Mechanical Properties of Wood FiberComposites under The Influence of Temperature and Humidity / Yibin Xue [et.al]. — Atlanta : Department of Engineering Clark Atlanta University, 2003 — P. 3906–3911.

5. Starck, N.-M. Effects of Wood Fiber Characteristics on Mechanical Properties of Wood / Polypropylene Composites / N.-M. Starck, R.-E. Rowlands // Wood and fiber science. — 2003 — Vol. 35 (2). — P. 167–174.

6. Morphology and Mechanical Properties of Polypropylene — Wood Flour Composites / D. Dobreva [et al.] // BioResources. — 2006. — № 1 (2). — P. 209–219.

7. Антибас, И.-Р. Влияние формы гофрированного картона на амортизирующие свойства упаковки / И.-Р. Антибас, А. Н. Сиротенко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : мат-лы 7-й междунар. науч.-практ. конф. в рамках 17-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2014». — Ростов-на-Дону: Изд-во ДГТУ, 2014. — С. 200–202.

8. Антибас, И.-Р. Определение характеристик компонентов композитных материалов, предназначенных для производства деталей сельскохозяйственной техники / И.-Р. Антибас, А. Г. Дьяченко // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2017. — Т. 17, № 3 (90). — С. 60–69. DOI: https://doi.org/10.23947/1992-5980-2017-17-3-60-69

9. Kharmanda, G. System reliability based design optimization using optimum safety factor with application to multi failure fatigue analysis / G. Kharmanda, I.-R. Antypas // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения : мат-лы 10-й междунар. юбилейной науч.-практ. конф. в рамках 20-й междунар. агропром. выставки «Интерагромаш-2017». — Ростов-на-Дону : Изд-во ДГТУ, 2017. — С. 177–179.

Поступила в редакцию 08.05.2018
Сдана в редакцию 08.05.2018
Запланирована в номер 05.07.2018

Received 08.05.2018
Submitted 08.05.2018
Scheduled in the issue 05.07.2018

Об авторах:

Дьяченко Алексей Геннадьевич,
доцент кафедры «Основы конструирования машин» Донского государственного технического университета (РФ, 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9934-4193
alvaic@mail.ru

Савостина Татьяна Петровна,
старший преподаватель кафедры «Основы конструирования машин» Донского государственного технического университета (РФ, 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1),
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5550-7624
kovtanya@yandex.ru

Саед Бакир Имад,
доцент кафедры «Сельскохозяйственное машиностроение» Университета Алеппо (САР, г. Алеппо, Университет Алеппо, Механический факультет), доктор технических наук, доцент,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3855-7691
bakir-111@mail.ru

Authors:

Dyachenko, Alexey G.,
associate professor of the Machine Design Principles Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand.Sci. (Eng.),associate professor,
ORCID: http://orcid.org/0000-0001-9934-4193 ,
alvaic@mail.ru

Savostina, Tatyana P.,
senior teacher of the Machine Design Principles Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF),
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5550-7624
kovtanya@yandex.ru

Saed Bakir Imad,
associate professor of the Agricultural Engineering Department, University of Aleppo (Faculty of Mechanics, University of Aleppo, Aleppo, Syrian Arab Republic), Dr.Sci. (Eng.), associate professor,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3855-7691
bakir-111@mail.ru